动 物 学 研 究 1999, Feb. 20 (1): 46～49 CN 53－1040/Q ISSN 0254－5853
Zoological Research



渤海湾对虾发生量与补充量动态特征的研究*

邓景耀 庄志猛 朱金声
(中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

摘 要 每年5月中旬和8月初，在中国对虾（*Penaeus chinensis*）的主要产卵场——渤海湾进行产卵场和栖息地调查，分别获取卵子/幼体和幼虾相对资源量，把卵子/幼体密度视为亲体数量（S_t）的一个相对数值，把幼虾相对资源量视为补充量（R_t）的一个相对数值，用Ricker模式（$R_t=aS_te^{-bS_t}$）拟合资料，有：$a=29.2243$；$b=0.069$；$R^2=0.47$；$P<0.005$。结果表明：对虾的发生量对其补充量的控制程度近50%。通过回归分析，确证了对虾早期发育阶段栖息地的降雨量、大风、日照和黄河径流量等环境因素对卵子/幼体的成活率乃至对补充量的重要影响。

关键词 渤海湾，中国对虾，发生量，补充量，环境因素
中图分类号 Q959.223.63

渔业生物的亲体数量对种群的补充量大小有重要影响，Beverton-Holt 和 Ricker（1975）先后确立了亲体与补充量之间的关系（SRR），建立了相应的鱼类繁殖模式，这种模式长期为渔业生物学家在不同类型的渔业种群中应用。叶昌臣等（1980）、Tang 等（1989）和邓景耀等（1996）先后用 Beverton-Holt 和 Ricker 模式研究了渤海对虾亲体与补充量之间的关系，并将渤海诸湾对虾产卵场的多项环境因素导入模式中，从而得出在不同环境条件下一簇亲体－补充量关系曲线，反映了亲体和产卵场的环境因素对补充量的影响程度。刘海映等（1993）使用1966～1987年辽东湾对虾春汛产量和大风持续时间、气温和辽河等在辽东湾入海的河水径流量，利用多元回归方程研究了辽东湾水域对虾亲体及环境因素与补充量的关系。

中国对虾（*Penaeus chinensis*）的产卵场位于渤海诸湾的河口邻近水域，对虾仔虾喜栖在咸淡水交汇的水域，具有溯河的习性，栖息地有较大的局限性和年间变化。渤海湾是对虾的主要产卵场，仔虾幼虾栖息地的面积占整个渤海栖息地总面积1.2万 km² 的近一半。从60年代初开始，我们选定渤海湾沿岸水域进行了对虾发生量及其早期生活阶段不同时期的相对资源量调查，以探索对虾早期发育阶段的成活率和补充量动态及其与栖息地面积和环境因素变化之间的关系。使用现场调查取得的发生量和幼虾相对资源量指数以及栖息地的环境因素研究亲体－补充量的动态关系是一种新的尝试。

1 材料与方法

1.1 资料来源

1.1.1 渤海湾对虾亲体数量 取自渔业统计中河北省和天津市春汛对虾的产量。

1.1.2 渤海湾对虾卵子/幼体数量（发生量） 历年5月上旬～6月初在对虾产卵场设站，采用中型浮游动物网垂直连续取样2～3次后获得的卵子幼体密度的平均值（个/m³）；同步取得各调查站2 m水层4种微型饵料浮游植物的数量（万个/m³），以此作为对虾幼体饵料生物量指标列于表1。

1.1.3 渤海湾对虾补充量指数 取自历年8月初在幼虾分布区内进行的幼虾相对数量调查资料(尾/网·h)。

1.1.4 黄河径流量系利津水文站实测资料，降雨、大风、日照等气象资料取自塘沽气象站每日4次的观测资料。

1.2 方 法

选用世界上通常使用的研究亲体数量（用发生量指数 S_t 表示）和补充量（R_t）之间的依存关系的 Ricker 模式，并使用逐步回归的方法筛选了黄

* 国家自然科学基金资助项目
本文1998年－04－13收到，1998－07－13修回

河径流量及渤海湾沿岸的降雨量、大风和日照等对卵子孵化和幼体变态、成活有一定影响的水文气象因素加入到模式中。

Ricker 模式：$R_t = a \cdot S_t \cdot e^{-bS_t}$

式中 a 是一个与对虾幼体和仔虾变态及其成活率有关的环境参数，可通过逐步回归的方法筛选出与之有关的环境因素；而 b 则应为与发生量密度有关的参数。

2 结　果

根据表1所列1964～1981年渤海湾对虾发生量指数（个/m^3）与补充量指数（尾/网·h）资料，拟合 Ricker 模式求得各项参数值：$a=29.2243$，$b=0.069$，$R^2=0.47$，$P<0.005$（图1）。

这里 $a_t = \frac{R_t}{S_t}e^{-bS_t}$ 是一个对栖息地卵子孵化及幼体和仔虾成活有重要综合影响的可变的环境因子。通过逐步回归的方法筛选出下列环境因子：

X_1：塘沽4～6月平均降雨量（mm）

X_2：塘沽5月降雨量（mm）

X_3：塘沽5～6月旬平均日照时数

X_4：塘沽6月份的大风（>10 m/s）持续时数

X_5：黄河4月份的径流量（·10^8m^3）

X_6：黄河6月份的径流量（·10^8m^3）

有 $a_t = a_o + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + a_6X_6$ 求得各项参数分别为：$a_0=-341.514$；$a_1=1.800$；$a_2=1.435$；$a_3=2.422$；$a_4=7.877$；$a_5=-1.501$；$a_6=0.799$；$R^2=0.989$；$P<0.0001$，这表明在发生量－补充量关系曲线中，环境参数(a_t)与上述各项环境因子之间具有十分显著的依存关系。有：$\frac{R_t}{S_t} = (-341.514+1.8X_1+1.435X_2+2.422X_3+7.877X_4-1.501X_5+0.799X_6)e^{-0.069S_t}$，将据此求得的 R_t 的计算值与实测值进行对比(图2)，也可看出两者的回归拟合显著的程度。

3 讨　论

3.1 渤海湾对虾的发生量

我们为首次成功地使用卵子、幼体密度，即渤海湾对虾发生量指数作为亲体相对资源量指标进行渤海湾中国对虾亲体数量与补充量关系的研究。邓景耀等（1983）提出天津市和河北省春汛对虾产量

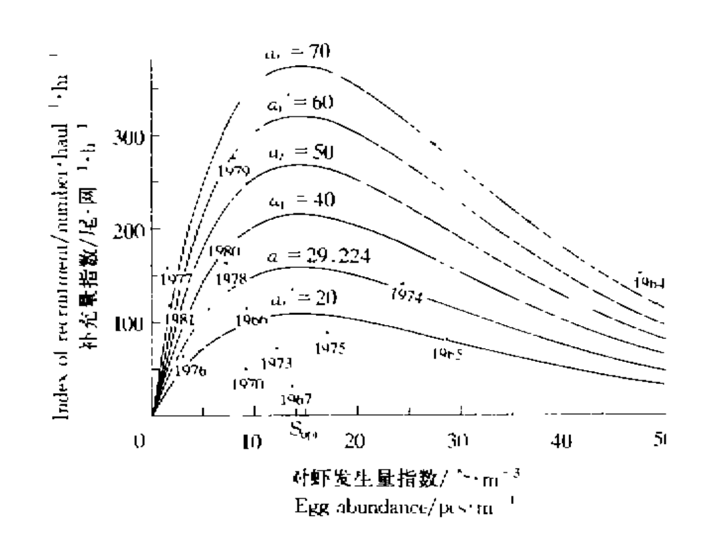


图1　在不同的环境条件下渤海湾对虾发生量－补充量曲线

Fig. 1　The curve of egg abundance-recruitment of penaeid shrimp in the Bohai Bay under the different environmental conditions

与渤海湾对虾卵子、幼体数量呈正相关关系（$r=+0.734$；$P=0.003$）。表明两者之间呈显著的依存关系，同时也说明产卵场的调查取样方法颇具代表性。据分析，对虾的发生量与补充量的相关指数 $R^2=0.47$。发生量对补充量的控制程度接近50%以上，再次证明：对虾的发生量或亲体数量对其补充量有决定性影响。另据计算，1964～1981年间保持渤海湾最大补充量所需的发生量指数（$S_{opt}=\frac{1}{b}$）为14.5个/m^3，略高于这期间在产卵场调查取得的发生量指数平均值（13.6个/m^3）。可见这期间的发生量或亲体数量基本上能满足保持最大补充量的需要。

3.2 对虾早期生活史阶段栖息地的环境因子

对虾是体外受精，在产卵场经历了卵子孵化、蜕皮变态的早期生活史阶段，历时40余天。环境对对虾幼体和仔虾存活有很大的影响，大风等气象因子导致的机械损伤以及饵料生物和敌害生物因子的动态变化是决定成活率的重要因素。马绍赛（1984）认为栖息地的水温特别是盐度是主要影响因素，5～7月增温率和盐度差比常年偏大、径流量偏小、风力弱有利于卵子幼体成活。我们采用多元回归分析的方法确立了对补充量有显著综合影响的环境因子，包括栖息地沿岸的降雨量、大风、日照和黄河径流量，它们对发生量－补充量模式中的环境参数（a'_t）的控制程度高达99%。而黄河4～

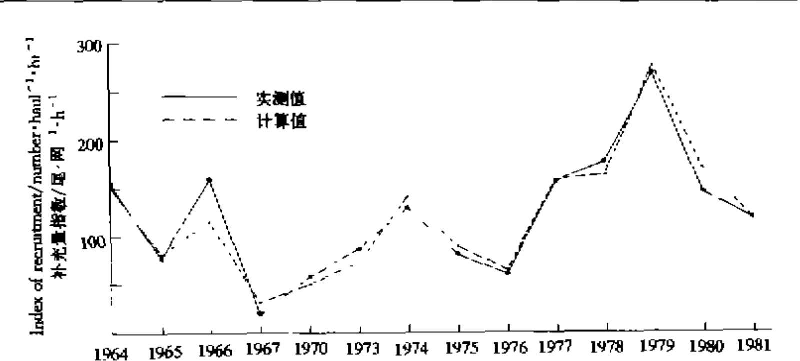


图 2 渤海湾对虾补充量指数的实测值和计算值

Fig. 2 Observed (−) & estimated (···) indices of recruitment for penaeid shrimp in the Bohai Bay

表 1 渤海湾对虾的发生量指数、补充量指数及有关的环境因素

Table 1 The abundance indexes of egg, recruitment of penaeid shrimp and some key environmental factors in Bohai Bay

年份 (year)	渤海湾春汛对虾产量 (×10⁴尾) (catch in spring season)	对虾卵子幼体密度 /个·m⁻³ (egg abundance)	幼虾资源量指数 /尾·(网·h)⁻¹ (recruiment index)	塘沽气象站降雨量/mm (rainfall) 4~6月均值 (April-June)	5月 (May)
1964	835	47.50	151	69.80	11.30
1965	1758	28.70	81	21.00	15.40
1966	548	9.30	115	50.70	25.60
1967	542	13.70	31	32.50	6.10
1970	138	9.20	50	30.90	55.90
1973	576	12.20	72	45.90	4.40
1974	1033	24.40	140	22.60	33.70
1975	557	17.10	89	26.80	41.20
1976	301	3.00	64	46.30	17.70
1977	33	1.50	158	64.00	46.30
1978	189	7.30	163	28.50	43.30
1979	310	8.10	275	79.20	25.50
1980	98	6.90	170	58.20	26.30
1981	5	1.70	118	47.20	45.10

年份 (year)	日照时数/h sunlight 5~6月旬均值 (May-June)	6月大风持续时数/h (>10 m/s) (wind)	黄河径流量 (×10⁸ m³) (runoff from the yellow river) 4月 April	6月 June	4~6月平均 April-June	渤海湾5月饵料生物量 /万个·m⁻³ (feed biomass)
1964	100.80	8	50.00	67.00	62.10	2015.80
1965	105.60	11	35.80	15.50	31.20	453.00
1966	98.60	4	17.60	2.50	10.10	78.30
1967	104.00	7	39.40	37.50	38.50	458.70
1970	86.70	4	27.40	21.40	25.10	1022.90
1973	93.50	6	6.40	6.00	8.20	220.30
1974	102.50	7	18.10	5.90	9.30	86.80
1975	101.60	2	10.20	3.60	9.30	—
1976	103.70	4	18.80	3.60	8.50	97.40
1977	93.20	8	12.60	7.20	12.30	92.00
1978	105.30	2	2.30	0.70	1.20	—
1979	96.50	2	20.00	0.60	8.40	113.10
1980	91.90	2	9.10	10.30	7.30	35.40
1981	96.10	5	2.00	0.40	1.30	130.80

6月的径流量与产卵场多甲藻、舟形硅藻和曲舟硅藻等对虾蚤状幼体的主要饵料生物量呈显著相关关系（$r=+0.91$；$P<0.0001$）。图1中的一簇曲线表明了，在1964～1981年14年中，随着环境条件的年间变化，发生量－补充量之间的关系呈现出多条曲线的特征。其中，发生量特别多的有1964、

1965、1974年；发生量特别少的有1977、1981、1976年，环境条件较好的有1977、1964、1981年；环境条件较差的有1967、1970、1973年。而只有1964年发生量较大、环境条件较好、补充量也较大；1970年环境条件特别差，发生量和补充量都较少；1977年、1979和1981年发生量很少，但环境条件优越、补充量较大，可见在发生量不大的条件下，优越的环境条件可以大幅度提高卵子幼体的成活率，增加补充量。无疑，栖息地的环境条件对补充量也有重要的影响。但是，这种初步量化了的关系只是一种现象，至于环境对补充量的影响机制和过程则有待于进一步研究。

3.3 发生量-补充量模式与秋汛对虾渔获量预报

在应用发生量-补充量模式中，导入栖息地各项环境因素后，发生量-补充量的关系曲线回归的拟合程度明显提高，这就有可能在每年的7月中旬之前提出当年渤海湾对虾补充量的趋势预报，较之现行的渤海秋汛对虾渔获量预报可提前1个月左右。

参考文献

马绍赛，1986．对虾卵子、幼体成活率与水文气象环境关系的初步探讨．海洋水产研究丛刊，(30)：65～70．[Ma Shao-sai，1986．The relationship between the survival of eggs and juveniles of Bohai prawn and its environment．*Mar．Fish．Res．Pap*．，(30)：65－70．]

邓景耀，朱金声，姜言伟等，1983．渤海湾对虾产卵场调查．海洋水产研究，(5)：17～32．[Deng Jing-yao，Zhu Jin-sheng，Jiang Yan-wei *et al*，1983．A summary of surveys of the penaeid shrimp spawning ground in the Bohai Bay．*Mar．Fish．Res*．，(5)：17－32．]

邓景耀，朱金声，任胜民，1996．渤海对虾亲体与补充量(SRR)动态特性的研究 中国水产科学，3(2)：20～26．[Deng Jing-yao，Zhu Jin-sheng，Ren Sheng-min，1996．Study on dynamic of stock recruitment relationship (SRR) of penaeid shrimp (*Penaeus chinensis*) in the Bohai Sea．*Jour．of Fish．Sci．of China*，3(2)：20－26．]

叶昌臣，刘传桢，李培军，1980．对虾亲体数量与补充量之间的关系 水产学报，4(1)：1～7．[Ye Chang-chen，Liu Chuan-zhen，Li Pei-jun，1980．A study on the relation between adult stock and recruitment of the prawn (*Penaeus orientalis* Kish.) from Bo Hai．*Jour．of Fish．of China*，4(1)：1－7．]

刘海映，李培军，王文波等，1993．辽东湾对虾亲体与补充量关系．水产科学，12(6)：1～3 [Liu Hai-ying，Li Pei-jun，Wang Wen-bo *et al*，1993．The relationship between adult stock and recruitment of penaeid shrimp in the Liao Dong Bay．*Fish．Sci*．，12(6)：1－3．]

Ricker W E，1975．Computation and interpretation of biological statistics of fish populations．*Bull of the Fish．Res．Board of Canada*，191：21－293．

Tang Q，Deng J，Zhu J，1989．A family of Ricker SRR curves of the prawn under different environmental conditions and its enhancement potential in the Bohai Sea．*Canadian Spec．Publ．Fish．Aquat．Sci*．，(108)：335－339．

THE STUDY ON DYNAMIC CHARACTERISTICS OF EGG ABUNDANCE AND RECRUITMENT OF PENAEID SHRIMP (*Penaeus chinesis*) IN THE BOHAI BAY

DENG Jing-yao ZHUANG Zhi-meng ZHU Jin-sheng

(*Yellow Sea Fisheries Research Institute，Chinese Academy of Fishery Sciences Qingdao* 266071)

Abstract In mid-May and the beginning of August every year，the abundance indexes of both eggs/larvae and the juveniles were surveyed in the spawning sites and habitats of penaeid shrimp in the Bohai Bay，the relationship of the egg abundance index (S_t) and the recruitment (R_t) in Ricker Model is：$R_t = aS_t e^{-bS_t}$，and the obtained parameters are：$a = 29.2243$，$b = 0.069$，$R^2 = 0.47$，$P < 0.005$.

The results indicated that the egg abundance of penaeid shrimp had the determinant effect on the recruitment and the environmental factors of the habitat，such as rainfall，wind，sunlight and runoff from the Yellow River，would also largely affect the survival rate of eggs and larvae as well as the recruitment.

Key words Bohai Bay，*Penaeus chinesis*，Egg abundance，Recruitment，Environmental factors